Special edition paper

緩衝エスリットの走行音対策工の開発

New noise reduction device for side windows of tunnel hoods







松沼 两田*

政明* 栗林 閱

齊藤 岳季*

Tunnel hoods have been installed to mitigate an explosive sound caused by micro-pressure wave. In general, tunnel hoods of high speed railways have slit windows in their side wall. On one hand these side slit windows are effective for micro-pressure waves but on the other hand, they cause pass-by noise from trains to escape from tunnel hoods. In the future, the faster trains travel, the louder pass by noise. In this study, new noise reduction device for slit windows of tunnel hoods have been developed. The scale model experiments in this study proved the effectiveness in noise reduction.

●キーワード:トンネル緩衝工、微気圧波、高速鉄道、高速化、走行音、模型試験

1. はじめに

高速鉄道がトンネルに進入した際に、場合によっては出口付近で、発破音を発生させることがある。この発破音は、トンネル微気圧波によるものといわれている」。トンネル微気圧波対策として、トンネル坑口の外方に、通常のトンネル断面よりも断面が一回り大きな緩衝工が設置されている。さらに、多くの場合、限られた長さの緩衝工の性能を最大限に生かすために、緩衝工の側壁部にスリットと呼ばれる窓部が設けられている。従来、緩衝工周辺の環境対策としては微気圧波対策が主要な話題として扱われてきた。

しかしながら、将来のさらなる高速化を鑑みると、走行音に対してもより制御が必要となってくることが想定できる。本稿は、将来の高速化を見据えて、トンネル緩衝エスリット部の走行音を対象に、騒音低減装置を開発し、縮小模型試験によりその効果を確認したものである。

2. 開発のターゲット

トンネル緩衝工の例を図1に示す。トンネル緩衝工の側壁部には、スリットと呼ばれる窓部をもつタイプが多い。これは、用地の制約条件の中で、限られた長さの緩衝工の機能をより有効に発揮させるために、スリットを設けてトンネル微気圧波の影響に対処するためである。緩衝工スリットは、トンネル微気圧波対策として、必要なものである。一方で、将来の高速化を鑑みた場合、列車の走行速度は速くなればなるほど、走行音は大きくなるので、スリット部から漏出する走行音についても、将来的には対応が必要になってくる事態が想定される。

そこで、本開発では、トンネル微気圧波に対するスリットの効果をできるだけ阻害しないで走行音の増大に対処できるものを開発することとし、その騒音低減効果について、縮小模型試験により確認することとした(図2)。



図1 トンネル緩衝工の例

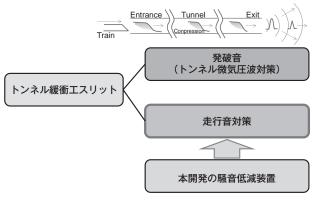


図2 開発のターゲット

3. 開発した騒音低減装置

図3~5は、A,B,Cシリーズの1/25の縮小模型を示したものである。トンネル緩衝エスリット部からの走行音対策として、窓枠のような形状のフレームタイプのAシリーズ(AS,AL:図3)、内側に格子を有するベーンタイプのBシリーズ(BS,BL:図4)を提案した。さらに、スリットの開口面積調整箇所への適用を念頭に、スリットの開口面積を調整する形状で内側にルーバを有するルーバタイプのCシリーズ(CS,CL:図5)の騒音低減装置も、あわせて提案した。なお、それぞれの騒音低減装置の線路直角方向の長さは実寸法でL=500(mm)、1,000(mm)を想定し、内側に吸音材が取り付けられている。

Special edition paper

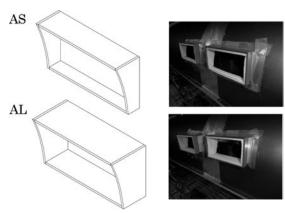


図3 フレームタイプ (Aシリーズ)、AS、AL

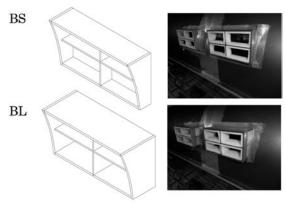
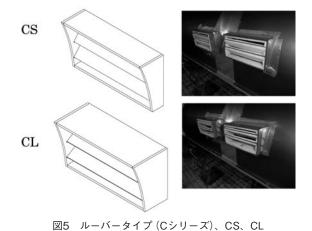


図4 ベーンタイプ (Bシリーズ)、BS、BL



4. 縮小模型試験の方法

4.1 装置概要

トンネル緩衝工の1/25縮小模型を無響室に設置した。音源は線音源を図6に示す3か所のうちの1箇所ずつ設置し、3か所すべての場合の騒音測定を行った。さらに、それぞれの音源を用いて得た騒音分布を、高速鉄道の列車騒音に変換し、合成することで評価に用いることとした。なお、相似則を考慮し各周波数に縮小率である25を除して用いた。表1に試験ケースを示す。

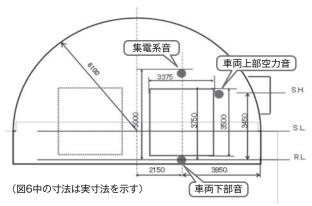


図6 音源の位置

表1 試験ケース一覧

ケース	装置形状	長さ: 実寸法 (mm)
S	スリットのみ	0
AS	フレームのみ	500
AL	フレームのみ	1,000
BS	ベーンあり	500
BL	ベーンあり	1,000
CS	ルーバあり	500
CL	ルーバあり	1,000

4.2 測定点

複線断面のトンネル緩衝工のスリットに近接する側の軌道の中心からの距離が実寸法で25mとなる位置にマイクを設置して測定を行うこととした。また、2つのスリットの中間の位置を基準面とした(図7)。

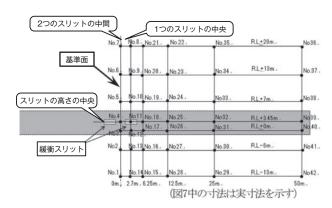


図7 音源の位置

縮小模型試験の結果

5.1 スリットのみの場合

スリットのみ場合の試験結果を図8に示す。横軸が基準面 からの線路方向の距離であり、縦軸がレールレベルからの鉛 直高さを実寸法に換算している。レールレベルからの高さが 10m付近に最も音圧レベルが高い範囲がある。

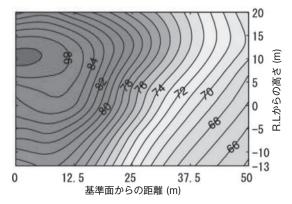


図8 スリットのみ(無対策)

5.2 フレームタイプ (L=500: AS)

フレームタイプのL=500mmの装置を取り付けた際の試験 結果を図9に示す。スリットのみの場合と比較すると平均的に 2dBA程度音圧レベルが下がっている。一方で、音圧レベ ルの分布の傾向としてはスリットのみの場合と同様の分布と なっている。

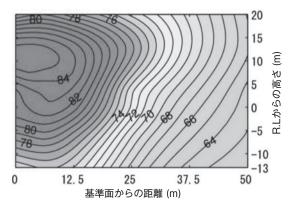


図9 フレームタイプ、L=500(mm): AS(試験結果)

5.3 フレームタイプ (L=1,000: AL)

フレームタイプのL=1,000mmの装置を取り付けた際の試 験結果を図10に示す。スリットのみのタイプと比較すると、音 圧レベルは全体的に2dBA~6dBA程度低くなる結果が得ら れた。一方で、音圧レベルの分布の傾向には大きな差異は 見られなかった。

5.4 ベーンタイプ (L=500:BS)

ベーンタイプのL=500mmの装置を取り付けた場合の試験 結果を図11に示す。全体的な音圧レベルの分布はフレーム タイプのL=1,000のケースと似ている。

吸音材の面積がほぼ同じとなる、フレームタイプの L=1,000mmのタイプと比較すると、最大値は低くなっている。

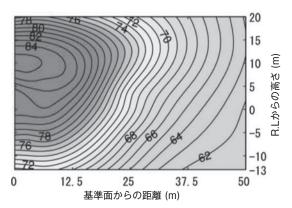


図10 フレームタイプ、L=1,000(mm): AL(試験結果)

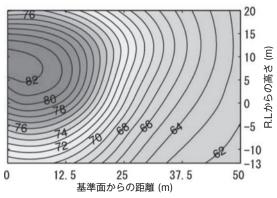


図11 ベーンタイプ、L=500(mm):BS(試験結果)

5.5 ベーンタイプ (L=1,000:BL)

ベーンタイプのL=1,000mmの装置を取り付けた場合の試 験結果を図12に示す。全体的な音圧レベルの分布はスリット のみの場合と比較すると平均的に6dB程度低い値となってい る。また、音圧レベル分布については、コンターの線の幅が 広くなっていることが判る。

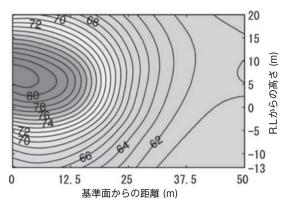


図12 ベーンタイプ、L=1,000(mm): BL(試験結果)

5.6 ルーバタイプ (L=500: CS)

ルーバタイプのL=500mmの装置を取り付けた場合の試験 結果を図13に示す。スリットのみの場合と比較して、音圧レ

Special edition paper

ベルは全体的に4~16dB程度低くなり、全体のコンターの間隔が大きくなっている。

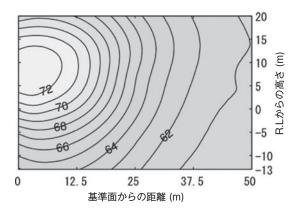


図13 ルーバタイプ、L=500(mm): CS (試験結果)

5.7 ルーバタイプ (L=1,000:CL)

ルーバタイプのL=1,000mmの装置を取り付けた場合の試験結果を図14に示す。音圧レベルは全体的にさらに2dB程度下がっている。

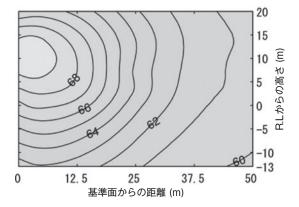


図14 ルーバタイプ、L=1,000(mm): CL(試験結果)

6. 考察

6.1 吸音材の効果について

本開発の騒音低減をダクト吸音の効果として解釈した場合、一般的にダクト内を流れるエネルギ量の減衰値(R)は近似的に(式6-1)で表されると言われている²⁾。

 $R=K \cdot P/S(dB/m) \cdot \cdot \cdot (式6-1)$

但し、K:内張り材の吸音率による比例定数

P:周長(m)

S:ダクトの断面 (m²)

(式6-1)で示される減衰量は辺長に比例する単位長さ当たりの量であることから、見かけ上、減衰量が面積に比例すると置き換えることができると考え、前章の結果を面積に着目して考察することとした。

6.2 吸音材面積の効果について

図15は吸音材の面積に着目して吸音効果についてまとめたものである。図15の横軸が吸音材張り付け面積、縦軸が減音量である。BSとALについては、吸音材面積が同程度であり、減音量も近い値をとっている。また、AシリーズとBシリーズについては、吸音材面積が増加するにつれて減音量が増加する傾向がみられる。

一方で、面積を要因としてみた場合のA,Bシリーズの減音量の傾向に比べると、Cシリーズの減音効果はより大きな値となっている。これには単に吸音材の面積が増加する以外に、ルーバの形状の効果や、スリット窓からの空気や音の流れを阻害する効果が考えられる。

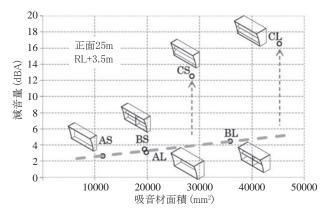


図15 減音量 - 吸音材面積関係

7. まとめ

トンネル緩衝エスリット部の騒音低減装置として、窓枠形状の装置を提案し、その騒音低減効果を縮小模型試験により確認し、以下の結論を得た。

- 1) トンネル緩衝エスリット部の騒音低減装置として、フレーム タイプおよびベーンタイプの装置を提案し、それぞれの騒 音低減効果を縮小模型試験により確認した。
- 2) 吸音材の面積に着目すると、ほぼ同等の吸音材面積で、 装置を長くする場合と内側に格子を設ける場合との騒音 低減効果の差は小さい。
- 3) ルーバタイプはスリットの開口面積の調整を伴うが、騒音 低減効果はダクトやベーンタイプの減音効果の傾向と比較 するとより大きな効果がみられた。

なお、本稿では騒音低減効果に着目した模型試験について、報告した。今後の課題として、トンネル微気圧波対策への影響の確認や、実物大での性能の確認等が考えられる。

参考文献

- 1) 加藤格,篠原良治:「新幹線高速化に伴う地上側環境対策 について」, JR EAST Technical Review-No.44, 2013
- 2) 前川純一ほか: 建築・環境音響学, 1990.10